



EESTI MAAÜLIKOOL

Tehnikakolledž

**Andres Raido Roosileht**

**VÄIKESEKUBATUURILISE SISEPÕLEMISMOOTORIGA KET TSAAGIDE  
KOORMUSSTEND**

**LOAD BENCH FOR CHAINSAWS WITH A SMALL DISPLACEMENT INTERNAL  
COMBUSTION ENGINE**

Rakenduskõrghariduse lõputöö

Tehnotroonika õppekava

Juhendaja: Marten Madissoo, *PhD*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Rakenduskõrgariduse lõputöö lühikokkuvõte	
Autor: Andres Raido Roosileht		Õppekava: Tehnotroonika	
Pealkiri: Väikesekubatuurilise sisepõlemismootoriga kettsaagide koormusstend			
Lehekülgi: 25	Jooniseid: 10	Tabeleid: 1	Lisasid: 15
Osakond: Tehnikakolledž Uurimisvaldkond: T210 Masinaehitus Juhendaja(d): Marten Madissoo, PhD Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2018			
<p>Seoses ettevõtte sooviga tõsta oma mootorsaagide remondivõimekust on tarvis leida võimalus kiirelt remondijärgselt kontrollida sae korrektset töötamist normaalses töötingimustes. Hetkeseisuga turul puuduvad sobivad seadmed või lahendused. Sellest lähtuvalt on töö eesmärk projekteerida kompaktne koormusstend, mis võimaldab sisepõlemismootoriga mootorsaagidele simuleerida saagimisel tekkivat koormust. Seadme projekteerimisel uuritakse mootorsaagide tööpõhimõtet ja koormusolukorda ning tellija poolseid soove seadmele. Selle alusel valmistatakse CAD tarkvara abil tehnilised joonised, mille alusel on võimalik seadet valmistada. Seadme omahinna ja tööjõukulu võrdlemisel antakse soovitusel, millistes ettevõtte töökodades oleks seade tasuv. Prototüüp valmistatakse 2018 aasta sügisperioodil ja peale testimisi ning testitulemuste analüüsi viiakse projekti sisse parandused ja muudatused ning hinnatakse valmistatud seadme vastavust esitatud tingimustele.</p>			
Märksõnad: mootorsaag, koormusstend, sisepõlemismootor,			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of professional higher education thesis	
Author: Andres Raido Roosileht		Speciality: Technotronics	
Title: Load bench for chainsaws with a small displacement internal combustion engine			
Pages: 25	Figures: 10	Tables: 1	Appendixes: 16
Department: College of Technology Field of research: T210 Mechanical engineering Supervisors: Marten Madissoo, PhD Place and date: Tartu 2018			
<p>For the company to be able to increase their capabilities of repairing chainsaws, it is important to find a way to quickly test a chainsaw under normal working conditions. There are no suitable devices or solutions in the current market. The purpose of this work is to design a compact test bench that allows to simulate the load that would be created on an internal combustion engine chainsaw while sawing. Chainsaw working principles, load conditions and the needs of the contractor are examined for the design of the device. The technical drawings that have been made with a CAD software are provided for the manufacture of the device. Based on the analysis between device manufacturing cost and labor cost, suggestions on cost-effectiveness in company's workshops will be made. A working prototype will be manufactured in autumn of 2018 and after testing, the project will be renewed according to test results.</p>			
Keywords: chainsaw, load bench, internal combustion engine,			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	5
1. LÕPUTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED.....	6
2. SISEPÕLEMISMOOTORIGA KET TSAED .....	8
2.1 Mootorsae tööpõhimõte .....	8
2.2 Mootorsae ohutuselemendid .....	10
2.3 Saekettide valik.....	11
2.4 Juhtplaatide valik .....	13
3. SEADME PROJEKTEERIMINE .....	14
3.1 Seadmele esitatud nõuded.....	14
3.2 Seadme tööpõhimõte.....	14
3.3 Tugiraami projekteerimine.....	15
3.4 Ostudetailide valik .....	17
3.5 Pidurdussüsteemi valik .....	18
3.6 Elektroonikakomponentide valik .....	18
4. SEADME TOOTMISKULU JA TASUVUSANALÜÜS.....	20
4.1 Teoreetiline seadme omahind .....	20
4.2 Tööjõu kulu ja tasuvusperioodi analüüs .....	21
KOKKUVÕTE .....	22
KASUTATUD KIRJANDUS .....	23
LISAD .....	25
Lisa A. Seadme detaili ja koostejoonised .....	26

## SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö teema valiti autori soovist tõsta Mehka Eesti OÜ ja Mehka AS võimekust sisepõlemismootoriga kettsaagide remontimisel ja katsetamisel. Selline seade, mis võimaldab rakendada koormust sisepõlemismootoriga kettsaagidele, seaks ettevõtte kettsaagide remondivõimekuse kõrgemale kui konkureerival ettevõtetel.

Seadme vajalikkust võib pidada aktuaalseks, tuginedes klientide tagasisidele ja ettevõtte tööjõukulu analüüsidele. Antud seade võimaldab vähendada sisepõlemismootoriga kettsae remondile kulutatavat aega ning vältida kliendi pettumust ebakorrapäraselt töötavate mootorsaagide üle. Samuti lihtsustab see seade hooldustehniku tööd, sest annab võimaluse testida saage reaalsemates tööoludes.

Lõputöös uuritakse sisepõlemismootoriga saagide tööprotsessi ja nende muutuseid koormuslikes olukordades. Võrreldakse ka tööjõukulu võitu ja seadme valmistamisel tekkivat hinda ning analüüsitakse seadme tasuvusperioodi. Töö praktilise osas projekteeritakse seade vastavalt ettenähtud töötingimustele valides konstruktsioonidele sobivad materjalid ja protsessile sobivad tehnoloogiad. Detailide koostu sobivust testitakse CAD tarkvara abil, et veenduda seadme korrektses ja hõlpsas montaažis.

Koostatud projekti järgi valmistatakse seade ettevõtte sisestes töökodades.

Ostudetailidena sobivad tooted hangitakse läbi ettevõtte erinevate koostööpartnerite, et hoida seadme valmistamise kulu võimalikult soodne. Ostudetailid valitakse vastavalt projektis ettenähtud tingimustele. Töös esitatakse ka ostutabel koos omavalmistatud detailide hinnakalkulatsiooniga. Kuna ostudetailide puhul on sisseostuhinnad konfidentsiaalsed ja ei kuulu kolmandatele osapooltele avaldamiseks, märgitakse tabelitesse ja analüüsidesse toodete jaemüügihinnad. Töö lisadesse lisatakse valmistatud detaili- ja koostejoonised, mille alusel on võimalik seadet valmistada. (LISA A)

Lõputöö on valminud koostöös firmaga Mehka Eesti OÜ, kus autor lõputöö kirjutamise hetkel töötab. Töö valmimise finantsilise, tööjõu ja valmistamisega seotud ressursside olemasolu tagab ettevõtte. Lõputöö sisus kajastatakse vaid koormusstendi projekteerimisega seonduv töö. Seadme katsemudeli ehitus on planeeritud 2018 aasta sügisperioodi, mistõttu valmistamise ja arendustööga seotud materjale ei kajastata.

# 1. LÕPUTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva lõputöö eesmärk on projekteerida kompaktne, lihtsasti kasutatav ja soodne seade, mis võimaldab rakendada koormust töötavatele mootorsaagidele, et simuleerida reaalseid töötingimusi. Eelnevalt kontrolliti ettevõttes sisepõlemismootoriga kettsaagide töötamist puupaku abil, saagides sellesse pilusid. Kuna ettevõtte töökojad asuvad valdavalt tiheasustusega aladel ning saagimist ei saa saepuru ja heitgaasi tekke tõttu teostada siseruumides, on selline katsetamine ebasobilik mitmel põhjusel:

- saagimisel tekkiv müra häirib ümbruskonnas elavaid ja töötavaid inimesi;
- lõikeorgani kulumine;
- sae ja ümbruskonna mustumine saepuru ja ketiõliga;
- saagimiseks kasutatavate pakkude hankimine.

Kuna ettevõtte töökodades on olemas spetsiaalsed käivitusruumid, mis on varustatud heitgaaside väljatõmbe ning mürasummutusega, aitab projekteeritav koormuspink vältida müra ja heitgaasiga seotud probleemide teket. Samuti kaob vajadus puhastada saagi saepurust peale katsetamist, mis vähendab tehniku töökoormust ning lubab sellevõrra kiiremini sae mootoriga seotud probleeme lahendada.

Seadme projekteerimiseks uuritakse sellele esitatud ülesande olemust ja sellest lähtuvalt kinnitatakse esialgsed disaini dikteerivad punktid. Nende alusel on võimalik välja mõelda tehnilised lahendused, mis võimaldavad seadme haldajal eksploateerida seadet võrdlemisi pika tööaja jooksul ilma seda parandamata või kuluosi vahetamata.

Eelseatud tingimuste täitmiseks uuritakse sisepõlemismootoritega töötavate kettsaagide olemust ja nende kasutamistingimusi. Erinevate saagide tehnilisi parameetreid uurides selgitatakse välja pööretevahemik, mille ulatuses seadme töö optimeeritud peaks olema. Töö teoreetilises osas selgitatakse kahetaktilise mootori tööpõhimõtteid, mootorsaagidel kasutatavaid ohutusnõudeid ja normaaloludes leiduvaid töötingimusi.

Seadme tootmiskulu arvutamiseks arvestatakse seadme detailide valmistamiseks kuluva materjali hinda ja ostudetailide puhul letihinda. Arvesse ei võeta projekteerimiseks ja detailide valmistamiseks kuluvat tööaega. Seadme tootmise omahinda võrreldakse tööjõu ja

ajakuluga, mida hetkel kasutatakse samasuguste koormustingimuste loomisel. Võrdluse alusel analüüsitakse ja tehakse soovitusel seadmete tootmiseks ja paigaldamiseks ettevõtte erinevatesse töökodadesse.

Testitavate mootorsaagidena käsitletakse Husqvarna ja Stihli tootevalikut, sest need brändid on Eesti turul enamlevinud saed, mille remontimisega ettevõtte tegeleb.

## 2. SISEPÕLEMISMOOTORIGA KET TSAED

### 2.1 Mootorsae tööpõhimõte

Enamus mootorsaagidest on varustatud kahetaktilise sise põlemismootoriga, mille töömaht jääb vahemikku 30...120 cm<sup>3</sup>. [1,2] Kütuse ja õhu doseerimiseks vajalikus vahekorras kasutatakse ühelõõrilist, kiirenduspumbata, kolvi poolt tekitatud rõhu pealt töötava kütusepumbaga varustatud karburaatorit, mille küttesegu on võimalik seadistada käsitsi või elektrooniliselt. Karburaatori kütusekambris kasutatakse ujuki asemel membraani, mis võimaldab sael töötada mistahes asendis. Külmkäivituse hõlbustamiseks kasutatakse drosselklappi, mis muudab segu rikkamaks. [3,4] Elektrooniliselt reguleeritava seguga karburaatorid kannavad nimetust AutoTune (Husqvarna) ning M-Tronic (STIHL).

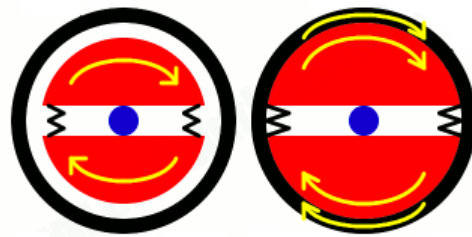
Elektrooniline karburaator jälgib sae töötamisel erinevaid parameetreid: siseneva õhu temperatuur, õhurõhk, mootori pöörlemissagedus, drosselklapi asend. Nende parameetrite alusel seadistatakse elektroonilise solenoidi abil iga töörežiimi jaoks sobilik kütuse-õhu segu, mis siseneb põlemiskambrisse. Elektroonilise karburaatori süsteemi abil saavutatakse parem jõudlus ja ökonoomsus võrreldes tavapärase karburaatoriga.[5]

Kütuse ja õhu vahekord sõltub mootori tööolukorrast. Ideaalseks seguks loetakse vahekorda 14.7:1. Kuna tegemist on stoihiomeetrilise vahekorraga, kujutab see endast kompromissi jõudluse ja ökonoomsuse vahel. Kui mootor töötab jõude, on soovitatav vähene kütusekulu. Ökonoomse režiimi saavutamiseks on soovitatav õhu ülekaal ehk õhu-kütuse segu vahekorras 15...16:1, kuid sellise segu puhul võib tekkida detonatsioon või segu enneaegne süttimine, kuna tõuseb mootori töötemperatuur. See võib viia kokkujooksmiseni ehk kolvi kinnikiilumiseni silindris. Suurima võimsuse saavutamiseks on soovitatav kütuse ülekaal ehk õhu-kütuse segu vahekorras 12...12,5:1. [6,7] Elektroonilise süsteemi ülesanne seisneb peamiselt kahe töörežiimi eristamises mõõdetavate parameetrite alusel ning kütusesegu kohandamises.

Järgnevalt on lühidalt selgitatud kahetaktilise mootori kinemaatilist tööpõhimõtet. Kütuse põlemisel tekkiv rõhk paneb liikuma kolvi, mille sirgjooneline liikumine muudetakse pöörlevaks liikumiseks vāntmehhanismi abil. Lōikeorgan ja vāntvōll on vahetult seotud



tsentrifugaalsiduriga, mis koosneb trumlist, hõõrdematerjaliga kaetud vihtidest ning tõmbevedrudest. Sidur rakendub mootori pöörlemissagedusel  $> 4000$  p/min. [8] See tähendab, et mootori tühikäigul töötamise ajal ülekannet ei toimu, eeskätt ohutuse tagamiseks ning mootori kütusekulu vähendamiseks. Pöörlemissageduse suurendamisel lenduvad siduri vihid tsentrifugaaljõu mõjul radiaalsuunas võllist eemale, haarduvad siduritrumliga ja saekett hakkab liikuma. Pöörete langemisel tõmbavad sidurivedrud vihid trumlist taas eemale (joonis 2.1).



**Joonis 2.1** Mootorsae tsentrifugaalsidur rakendamata (vasakul) ja rakendatud olekus (paremal) [8]

Sidurikoja küljes asetsev veotähik toimib ketimehhanismi vedava lülina ja juhtplaadi otsas asetsev otsatähik veetava lülina. Olenevalt sae mudelist on veotähikud vahetatavad koos sidurikojaga või eraldiseisva ringtähikuga. [9] (joonis 2.2)

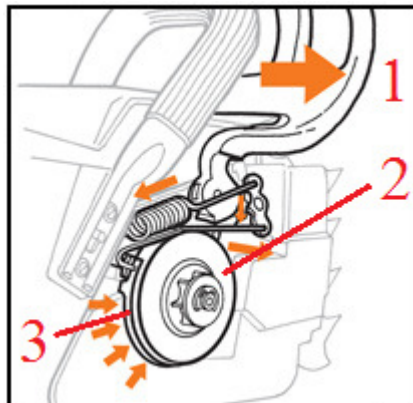


**Joonis 2.2** Joodetud veotähikuga siduritrummel ja vahetatava ringtähikuga siduritrummel.

Mootorsaagide pöörlemissagedus tühikäigu korral jääb reeglina vahemikku 2700...3000 p/min. Maksimaalne pöörlemissagedus on vahemikus 9000...10500 p/min ja koormatud olekus 6300...8200 p/min. See tähendab, et koormamisel langeb mootorsae pöörlemissagedus keskeltläbi 27 %. [1]

## 2.2 Mootorsae ohutuselemendid

Sidurimehhanismi ülesandeks on kaitsta mootorit ja operaatorit olukorras, kus kett pidurdub äkitselt saetavas materjalis või muudel tingimustel. Kirjeldatud oludes hakkab sidur libisema. Sidurikoja ümber asetseb pidurilint, mida rakendatakse läbi pidurihoova tagasilöögi olukorras. (joonis 2.3)



**Joonis 2.3** Mootorsae pidurimehhanism. 1 - pidurihoob, 2 - siduritrummel, 3 - pidurilint [10]

Tagasilöögiks nimetatakse olukorda, kus saeketi löikehammas kiilub saetavasse materjali kinni ja saeketi kineetiline energia kandub mootorsaele momendina operaatori käte suhtes. Selline olukord tekib kõige tihedamini saagimisel saelati otsaga. Tagasilöök põhjustab sae äkilise liikumise sae kasutaja suunas. [11]



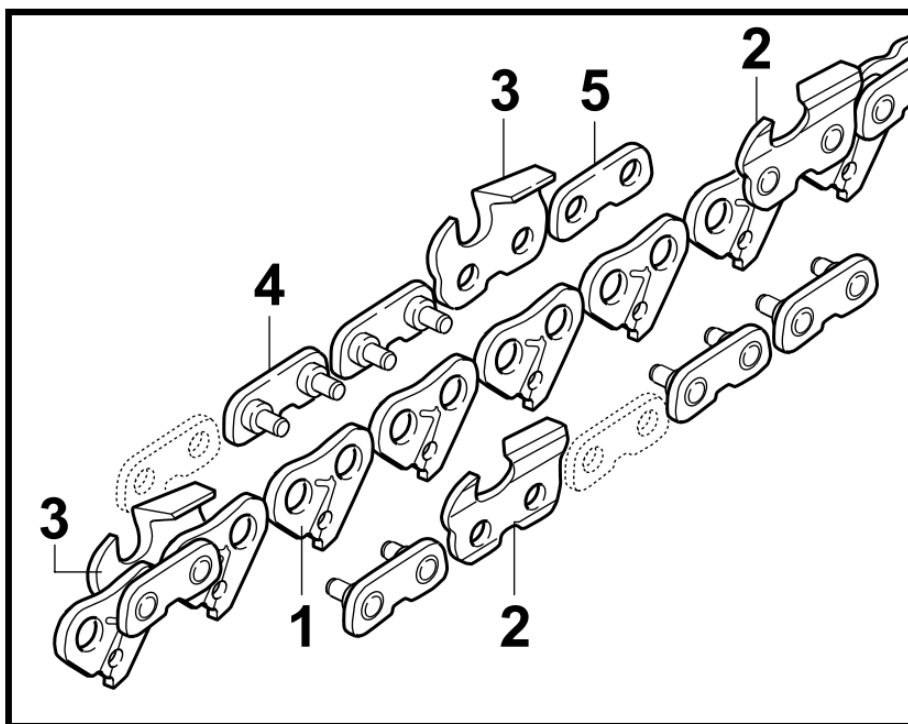
**Joonis 2.4** Mootorsae ketipüüdur [12]

Keti purunemise või juhtplaadilt maha jooksmise puhul on sae karteri ja sidurikatte vahele paigaldatud ketipüüdur. Reeglina on püüdur konksukujulise disainiga ja valmistatud alumiiniumist. Ohuolukorras haakub kett püüduri taha, ei ulatu sae operaatorini ning tabab sae tagumist käetuge. (joonis 2.4)

## 2.3 Saekettide valik

Kõik saeketid koosnevad kolme tüüpi lülidest: juhtlül, lõikehammas ja ketilül. Ketid erinevad omavahel ainult lõikehammade kuju ning juht- ja ketilülide suuruse poolest.

Veotähiku abil kantakse mootori väändemoment üle keti keskmisel real asuvatele juhtlülidele, mis hakkavad ketti juhtplaadi peal vedama. Juhtlülid asuvad juhtplaadi soones ja takistavad keti mahatulekut plaadilt. Keti välimised osad moodustavad mõlema poole lõikehambad ja neid ühendavad ketilülid. Lõikehammade ja ketilülide tallad moodustavad liugpinna, mis toetub juhtplaadile. [9] Joonisel 2.5 on näidatud keti valmistamisel kasutatavad osad.



**Joonis 2.5** STIHL Oilomatic saeketi ehitus. 1 - juhtlülili, 2 - vasak lõikehammas, 3 - parem lõikehammas, 4 – ketilülili neediga, 5 - ketilülili needita [9]

Peamised parameetrid, mille järgi saekette liigitatakse, on ketisamm, juhtlülili paksus ja keti pikkus.

Ketisamm näitab ära keskmise kauguse kahe saeketi needi vahel. Sammu arvutatakse tollides ja levinud mõõdud on 1/4“, 0.325“, 3/8“ või 0.404“. Ketisamm määrab ära keti erinevate lülilide vastastikuse seose. Mida suurem on samm, seda suuremad on lülilid. [9]

Juhtlülili paksus peab olema sobilik juhtplaadi soone laiusega. Peenem juhtlülili võimaldab teha täpsemaid lõikeid ja on väiksema hõõrdumisega. Paksem lülili annab ketile juurde tugevust, et kett ei katkeks suurte koormuste all. Levinumad juhtlülili paksused on 1.1 mm, 1.3 mm, 1.5 mm, 1.6 mm, 2.0 mm. Keti pikkuse ehk juhtlülilide arvu määrab ära kasutatava juhtplaadi pikkus, ketisamm ja sae tootja. [9]

## 2.4 Juhtplaatide valik

Juhtplaadi valikul tuleb arvestada, et plaat oleks ketiga kokku sobiv. See tähendab, et ketisamm, juhtlül'i paksus ja keti pikkus peavad olema vastavuses.



**Joonis 2.6** STIHL ja Husqvarna otsatähikuga juhtplaadid

Samuti tuleb arvestada, et igal mootorsae tootjal on oma juhtplaadi disain. Husqvarna plaadi puhul on kinnitusavade vaheks 26 mm, STIHL-i puhul 24 mm. Samuti on STIHL-i juhtplaadil olemas eraldi õlituskanal, aga Husqvarna puhul toimub saeketi õlitus läbi plaadi kinnitusava. (Joonis 2.6)

### **3. SEADME PROJEKTEERIMINE**

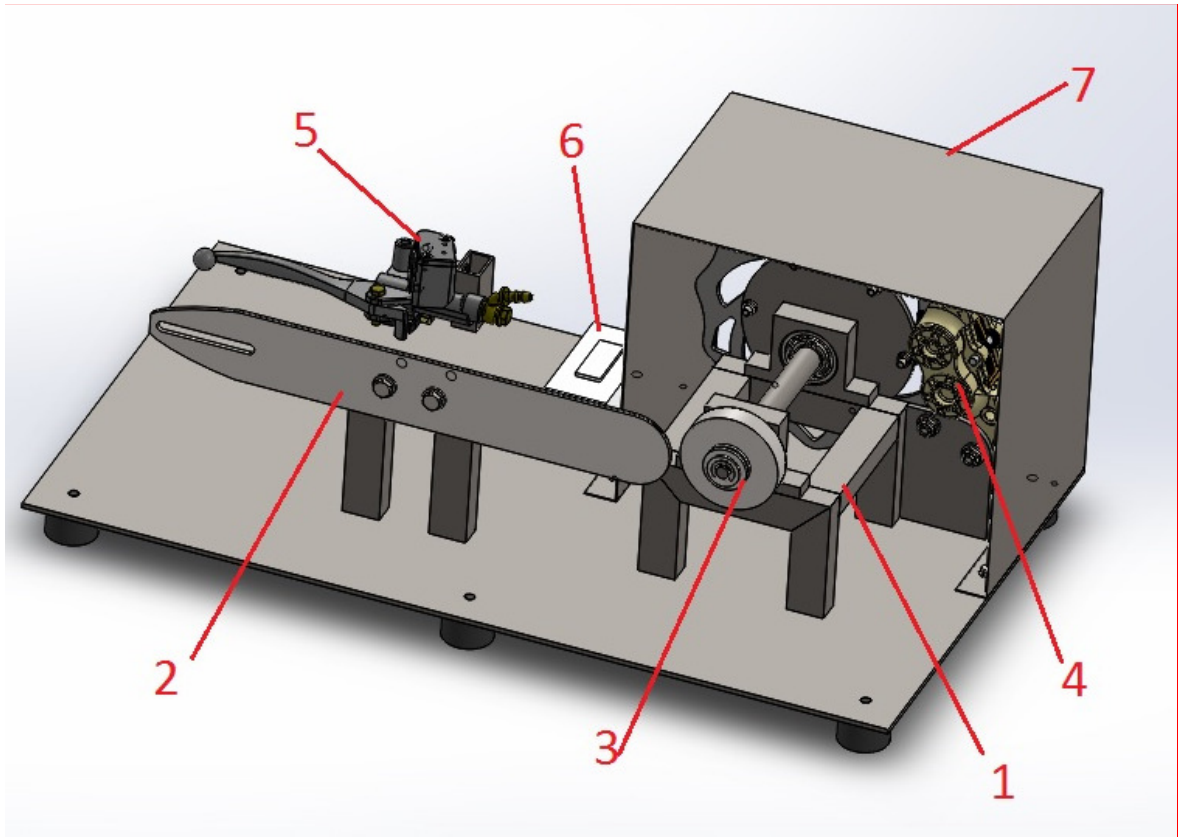
#### **3.1 Seadmele esitatud nõuded**

Seadme funktsionaalsus peab vastama järgnevatele tingimustele:

- 1) kulusad peavad olema ostudetailidena saadaval, et hoida omahind võimalikult madal ja tagada kiire seadme remontimise võimalus;
- 2) peab olema kasutatav ühe operaatori poolt;
- 3) operaatori ohutus peab olema tagatud kogu mootorsae testimisperioodi vältel;
- 4) kasutatav Husqvarna ja STIHL-i poolt toodetud mootorsaagidega;
- 5) kasutatav erinevate ketisammudega veotähikutega;
- 6) koormamisvõimsus peab olema piisav, et saavutada mootorsae tööpöörded reaalses tööoludes;
- 7) kompaktsed mõõtmed, et mahtuda olemasolevatesse töökoja ruumidesse ära.

#### **3.2 Seadme tööpõhimõte**

Testitav mootorsaag kinnitatakse juhtplaadi külge tavapärasel viisil. Juhtplaat on kinnitatud kahe poldiga toestava raami külge. Plaadi peal on lõikehammasteta turvakett, mis kannab mootorsaelt tuleva pöörlemise edasi võlli otsas asuvale ringtähikule. Võll asetseb kahe kuullaagri peal, mis on laagripesades tugiraamistiku peal. Võlli teise otsa on kinnitatud ketaspidur, mille rakendamisel simuleeritakse mootorsae saagimiskoormust. Koormust reguleerib seadme operaator käsitsi hüdraulilise pumba abil. Seadme komplekti kuulub ekraan, mis kuvab operaatorile sae mootori pöörlemissagedust ja piduriketta temperatuuri. (joonis 3.1)



**Joonis 3.1** Seadme põhiosad. 1 – võlli tugiraamistik, 2 – sae juhtplaat, 3 – vahetatav ringtähik, 4 – pidurdussüsteem, 5 – piduripump, 6 – elektroonikakarp koos ekraaniga, 7 – piduri kaitsekate

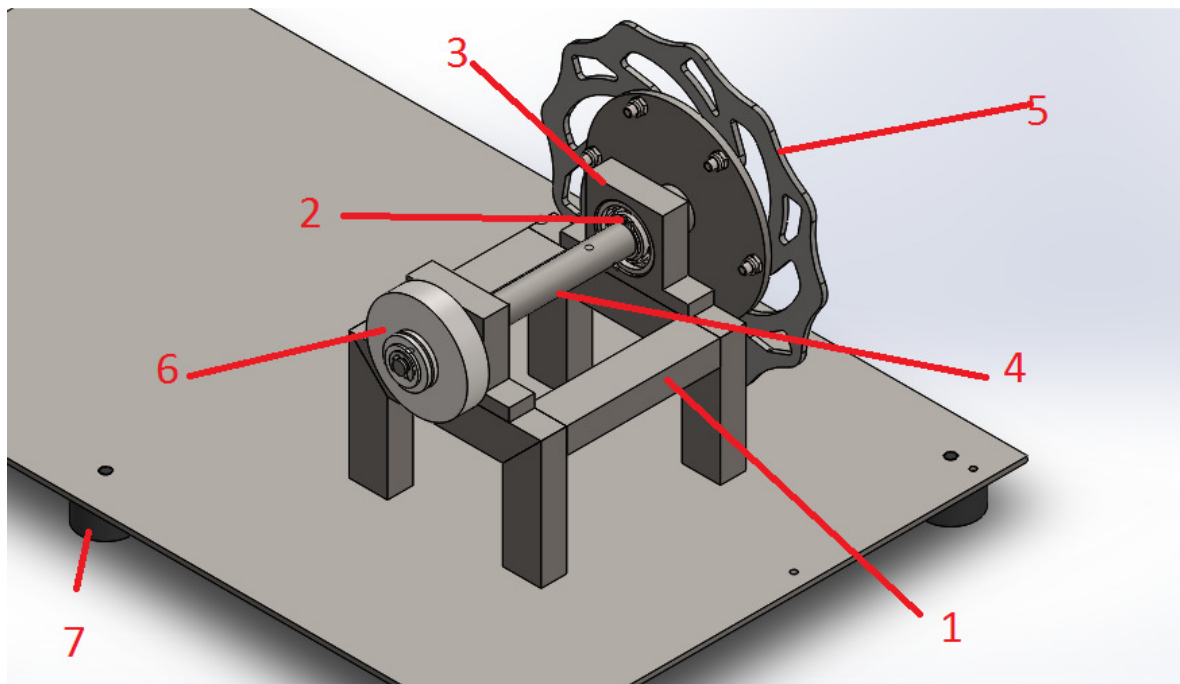
### 3.3 Tugiraami projekteerimine

Tugiraami projekteerimisel on valitud materjalid, mida on võimalik ettevõtte töökodadest leida ja sobivad seadmele esitatud tingimustele. Põhjaplaadiks on valitud 4 mm terasleht, mis toetub plaadi alla kinnitatud kummiamortidega laua peale. Kummiamortide eesmärk on stabiliseerida koormuspinki ja vähendada töö käigus tekkivat vibratsiooni.



**Joonis 3.2** Kasutatav kummiamort [13]

Tugiraami torustik on valmistatud terasest nelikanttorust mõõtmetega 30×20×2 mm. Tugiraami eesmärk on toetada võlli ja tõsta see seadme osa põhjaplaadist kõrgemale, et mahutada piduriketas võlli otsa. (joonis 3.3)



**Joonis 3.3** Tugiraami torustik põhjaplaadil. 1 – võlli tugiraamistik, 2 – kuullaager, 3 – laagripesa, 4 – võll, 5 – piduriketas koos kinnitusplaadiga, 6 – vahetatava ringtähikuga siduritrummel, 7 - kummiamort



### 3.4 Ostudetailide valik

Seadme valmistamisel üritatakse kasutada võimalikult palju ostudetaile, et lihtsustada seadme valmistamist ja remondivõimekust laos olevate varuosade näol. Erinevate tootjate tõttu tuleb seadmele võtta kasutusse kaks tugevdatud otsatähikuta 1,3 mm soonega juhtplaati: üks STIHL-i ja üks Husqvarna valikust. Saeketiks kasutatakse kahte STIHL spetsiaalset lõikehammasteta ketti. Võetakse vastavalt juhtplaatidele 1,3 mm juhtlülil paksusega ning 3/8" ja 0,325" ketisammuga ketid. Lõikehammasteta ketid on saeketid, millel lõikehambad on asendatud tavaliste ketilülidega. Need ketid on mõeldud saagide ohutuks testimiseks hooldustöökodades. (joonis 3.1)



**Joonis 3.1** STIHL lõikehammasteta kett (ülemine) võrdluses tavalise saeketiga (alumine).

Saeketi poolt veetavaks osaks valitakse siduritrummel, millel on vahetatav ringtähik. See hoiab toote kasutuskulud madalamana, sest kulumise käigus vahetatakse vaid ringtähik, mitte terve siduritrummel. Tähhikuid tuleb kasutusele samuti kaks tükki: 3/8" ja 0,325" sammuga. Laagrite valikul tuleb arvestada, et mootorsaagide pöörlemissagedus ulatub kuni 11000 p/min. Arvestades väikese varuga, hangitakse laagrid, mille maksimaalsed lubatud pöörded jäävad üle 15000 p/min. Sobivaks osutusid SKF 6304-2S kummikatetega radiaalkuullaagrid, mille puhul tootja lubab laagreid kasutada kiirustel kuni 32000 p/min. [14]

### 3.5 Pidurdussüsteemi valik

Pidurdussüsteem pärineb maastikuratta KTM 350EXC 2013 aasta mudelilt. Kasutatakse 240 mm tagumist piduriketast ja pidurisadulat. Piduripump on mootorratta juhtrauale kinnitav ning moodustab põhilise osa esipiduri kontuurist. Pidurivoolik tellitakse ostudetailina eritellimusena. Eelistatud on KTM-i osad, sest ettevõtte on võimalik neid detaile soodsamalt saada ja tegemist on kvaliteetsete ning vastupidavate toodetega.

Ketaspiduri töötamisel eraldub suurel hulgal soojust. Seetõttu muutub pidurdusjõud pidurdamise käigus mittelineaarselt. Kui pidurit rakendatakse pikaajaliselt, võib pidurivedelik keema minna. Tekkiv aur on erinevalt vedelikust kokkusurutav ning seetõttu ei ole võimalik kolvile enam survet rakendada. Nii võib pidurdusvõime täielikult kaduda. Sel põhjusel on vajalik jälgida piduriketta temperatuuri, et vältida selle üleliigset kuumenemist.

Mootorsae töökoormus on reaalloludes varieeruv ja seetõttu on otsustatud, et pidurisüsteem, mis võimaldaks lineaarset koormamist, on ebavajalik. Kuna koormamine on lühiajaline, ei ole pidurdusjõu vähenemine soojenemise tõttu probleemiks.

### 3.6 Elektroonikakomponentide valik

Käesoleva töö elektrooniline osa baseerub Arduino mikrokontrolleril. Kontrollerit programmeeritakse Arduino graafilise kasutajaliidese abil, programmeerimiskeel kujutab endast C++ dialekti. Ekraani juhtimiseks on vajalik *LiquidCrystal* koodikogu, mis tuleb Arduino kasutajaliidese kaasa. Kontroller saab oma toite vooluallikast, mis on ühendatud vooluvõrku.

Pöörlemissagedust loeb Halli andur A3290XUA. Anduri toitepingeks on 4.2 – 24 V, mis võimaldab selle kasutamist koos Arduino kontrolleriga. Anduri töötemperatuuri vahemikuks on -20...115 °C. [15] Kuna andur pole otseses kontaktis pidurikettaga, jääb anduri temperatuur sellesse vahemikku ning on igati sobilik antud rakenduses.

Temperatuurianduriks on valitud MLX90614. Tegemist on digitaalse puutevaba infrapuna anduriga, mille eesmärk on mõõta piduriketta töötemperatuuri. Andur võimaldab mõõta detaili temperatuuri kuni 380 °C. [16] Selle abil saab jälgida, et sae koormamisel ei muutuks piduriketas liiga kuumaks, mis võib põhjustada pidurivedeliku keemist. Anduri toitepingeks on 5V, mistõttu sobib antud andur hästi Arduino kontrolleri kasutamiseks.

LCD ekraanil kuvatakse kasutajale reaajas infot mootorsae pöörete ja piduriketta temperatuuri kohta. Kuna mootorsae ja piduri võlli pöörlemiskiirused ei ühti ning ülekandearv sõltub veotähiku valikust, tuleb piduriketta võllilt üles võetud sagedus korrutada läbi korrigeeriva teguriga. See tähendab, et lisaks ekraanile on vaja vähemalt üht nuppu, et valida ekraanilt kasutuses oleva tähiku tegur enne katsetuse alustamist. Lisaks on seadme paneel varustatud punase märgutulega, mis annab seadme kasutajale märku pidurdusseadme ülekuumenemisest. Ekraani mõõtmete valimisel on lähtutud nõudest, et mõlemad kuvatavad parameetrid oleks ekraanil samaaegselt näha. Seetõttu on vaja kaherealist ekraani. Levinud ekraanimõõtudest sobib antud rakenduse jaoks 16x2 ekraan, kuna 16 veergu on piisav ekraanile kuvatava teksti mahutamiseks. Info saadetakse ekraani protsessorile jadaliidese kaudu, mistõttu on Arduino plaadi valikul vaja arvestada vähemalt kaheksa digitaalse sisend-väljundiga.

Ekraani kontrasti ja heledust reguleeritakse kahe potentsiomeetri abil. Kuna neid parameetreid igapäevaselt muuta ei tule, on sobilik need valida kruvikeerajaga seadistatavad ning paneelilt välja jätta. Selle asemel võib need paigaldada seadme korpusesse.

## 4. SEADME TOOTMISKULU JA TASUVUSANALÜÜS

### 4.1 Teoreetiline seadme omahind

Seadme omahinna puhul ei ole arvestatud töötundidega, mis kuluvad seadme projekteerimisele, valmistamisele ja testimisele. Kõik hinnad, mis on hinnatabelis välja toodud, on ilma käibemaksuta ja ostudetailide kohale on märgitud detailide letihinnad. Detailide ostuhinnad ettevõtte jaoks on ettevõttesisene informatsioon ning seetõttu ei saa neid käesolevas töös avaldada. Kõik ostuhinnad on välja toodud tabelis 4.1.

**Tabel 4.1** Seadme detailide hinnatabel

Detail	Hind	Kogus	Summa
Terasmaterjal	80	1	80
Kummiamort	5	6	30
Juhtplaat Husqvarna ja STIHL	20	2	40
Lõikehammasteta saekett 0.325" ja 3/8	13	2	26
Vahetatava veotähikuga siduritrummel	26	1	26
Veotähik 0.325" ja 3/8" ketile	8	2	16
Laagrid	9	2	18
Pidurisadul	70	1	70
Piduriklotsid	15	1	15
Piduriketas	55	1	55
Piduripump	50	1	50
Pidurivoolik	15	1	15
Elektroonika karp	12	1	12
Arduino kontrolleri	28	1	28
Temperatuuriandur MLX90614	25	1	25
LCD ekraan	10	1	10
Halli andur A3290XUA	4	1	4
Abivahendid	30	1	30
<b>KOKKU</b>			<b>550</b>

Reaalne seadme omakulu hind tuleb madalam, arvestades sisseostudetailide soodsamat hinda ettevõtte koostööpartneritelt. Edasise arvutuskäigu tegemisel arvestatakse siiski tabelis välja toodud hinnaga, mis mõjutab tasuvusperioodi pikkust.

## 4.2 Tööjõu kulu ja tasuvusperioodi analüüs

Ettevõtte tunnitasu remontimisel on 38 €/h. Kui sellest eemaldada käibemaks jääb tunnitasuks umbes 31,5 €/h. Seda arvu võib käsitleda hooldustehniku potentsiaalse sissetulekuga ettevõtte jaoks. Iga kord, kui klient toob mootorsae remonti, kulub sae käsitlemisele ja testimisele tööaega. Käsitlemiseks loetakse kliendiga suhtlemist kauplusesse sisenemisel, töökäsu vormistamist ja peale remonti toimuva arve vormistamist ning kliendile sae tagastamist. Mootorsae testimiseks peab hooldustehnik puhastama sae ära, kontrollima õhufiltri seisukorra ja sae ohutuselementide toimimise enne sae käivitamist. Kogu see protsess võtab vähemalt tund aega.

Sae esmakordsel remonti toomisel on kogu see ajakulu arvestatud tunnitasu hulka. Korduvalt sama probleemiga remonti ilmuv saag tekitab üleliigset ajakulu, mida oleks võimalik vältida koormuspingiga, mis võimaldab testida saagi reaalingimustes toimuva koormuse all. Arvestades, et seda aega saaks mõistlikumalt kasutada teiste remondijärjekorras olevate seadmete remontimiseks, võib ettevõtte kahju korduva probleemi otsimisega lugeda 25 €/h. Ei saa lugeda kahjumit täies mahus võrdväärseks hooldustehniku potentsiaalse sissetulekuga, sest osa töötasust siiski esitatakse kliendile.

Ettevõtte Tartu kaupluses tuli eelmise kalendriaasta jooksul korduva veaga tagasi viis saagi, kokku 12-nel korral. Sellest arvestame, et viiel korral oli nende saagide puhul tegemist esmaremondiga, mis tähendab, et kokku tuli seitse üleliigset remondikülastust. Toote omahinna 550 euro ja üleliigse kulu 25 €/h puhul teenib seade ennast tagasi juba 22-he külastusega ehk 3 aastaga.

Tallinna ja Võru kauplustest käib hetkel rohkem saage remondis kui Tartu kaupluses, mis tähendab, et nende poodide jaoks on seadme tagasiteenimise periood veelgi lühem. Valga ja Otepää kauplustele ei soovita hetkel seadmesse investeerimist seoses väiksemate mahtudega Husqvarnade ja STIHL-i saagide remontimisel.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö raames kirjeldati sisepõlemismootoriga mootorsaagide koormusstendi projekteerimise käiku ja põhimõtteid, millest lähtuti. Põhjendati koormusstendi vajalikkust, käsitleti mootorsaagide ning nende mootorite tööpõhimõtet, samuti kirjeldati nende ehitust ning talitlust.

Töö eesmärgiks oli projekteerida lihtsasti kasutatav seade, mille abil oleks võimalik rakendada koormust töötavale mootorsaele siseruumides. Vajadus seadme järgi sai selgeks, kui käesoleva töö autor asus tööle firmasse Mehka Eesti OÜ, kus tegeletakse ka töö kirjutamise ajal sisepõlemismootoriga kettsaagide remondiga. Seadme disainimisel peeti silmas odavust, lihtsust ning võimalust kasutada seadme sõlmede koostamisel jaekaubandusest hangitavaid detaile. Sae koormamiseks valiti mootorratta ketaspidur, kuna see rahuldab kõiki seadmele esitatud nõudmisi, olles samal ajal sobilik odavuse ning lihtsa hoolduse poolest.

Kuigi seadme katsemudeli planeeritud valmimine jääb töö kirjutamise ajal tulevikku, usub autor, et koormusstend täidab täielikult sellele esitatud ülesandeid.

## KASUTATUD KIRJANDUS

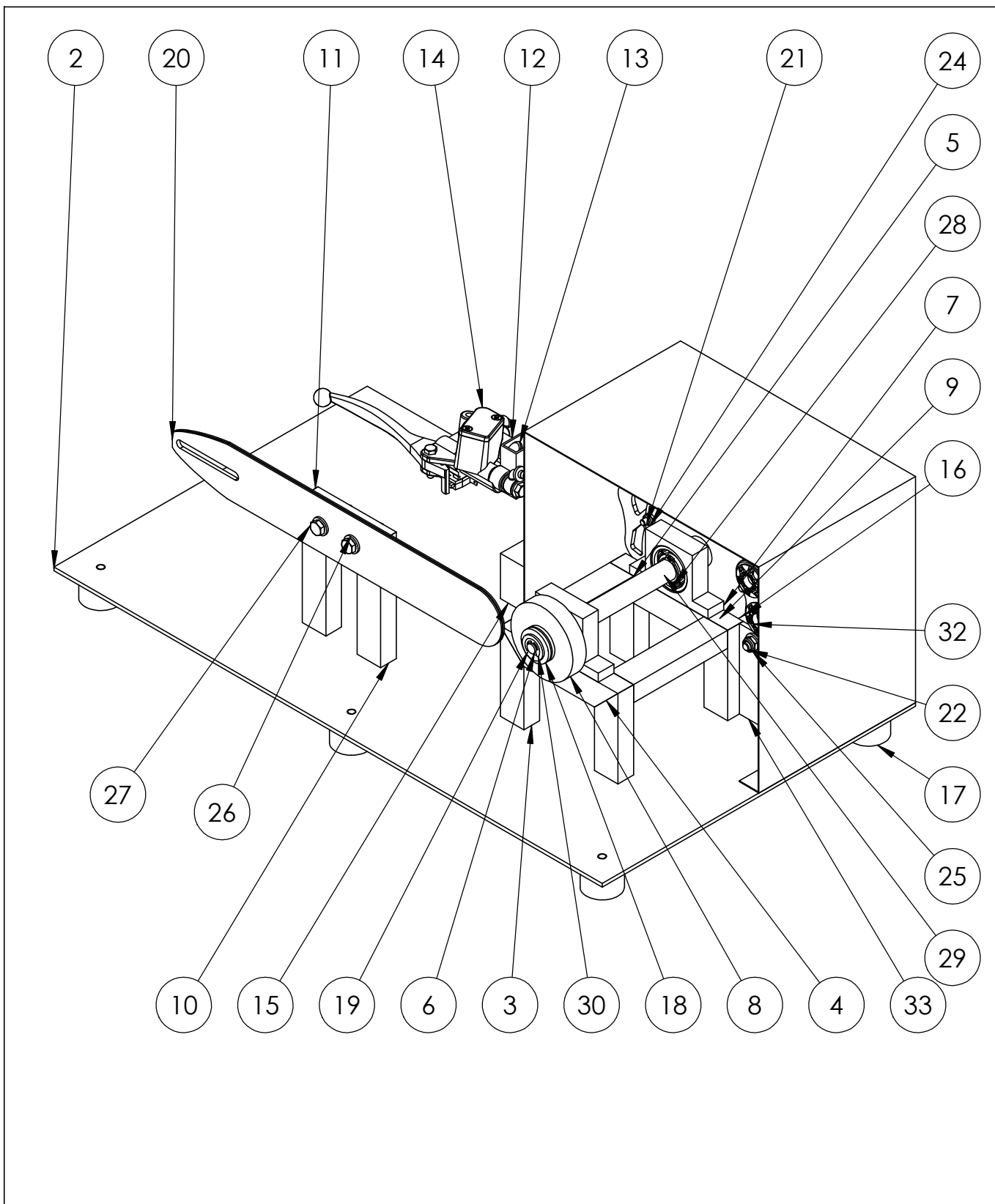
1. Husqvarna kettsaed. – Husqvarna Eesti. <https://www.husqvarna.com/ee/tooted/kettsaed/> (02.05.2018).
2. STIHL kettsaed. – Farron Tehnika.  
<https://www.farron.ee/metsatehnika/kettsaed/mootorsaed/> 02.05.2018
3. **Brain, M.** How Chain Saws Work. – HowStuffWorks [*e-ajakiri*]  
<https://home.howstuffworks.com/chainsaw6.htm> (10.05.2018).
4. **Shurley, C.** (2011). Walbro Carburetors – So how does this thing work. – Helifreak. [*online*] <https://www.helifreak.com/showthread.php?t=326599> (5.05.2018).
5. M-Tronic: fully electronic engine management. – ANDREAS STIHL AG & Co.  
<https://www.stihl.com/engine-technology-fully-electronic-engine-management.aspx> (02.05.2018).
6. **Olsen, H. P.** (2008). Carburetor Tuning: A/F Mixture, Air/Fuel Equation. – Engine Builder. [*e-ajakiri*] <http://www.enginebuildermag.com/2008/07/carburetor-tuning-the-airfuel-equation/> (18.05.2018).
7. Air/Fuel Ratio Tuning: Rich vs Lean. – Honeywell Garrett.  
[https://www.turbobygarrett.com/turbobygarrett/airfuel\\_ratio\\_tuning\\_rich\\_vs\\_lean](https://www.turbobygarrett.com/turbobygarrett/airfuel_ratio_tuning_rich_vs_lean) (18.05.2018).
8. **Woodford, C.** (2017). Chainsaws. – Explain That Stuff [*e-ajakiri*]  
<http://www.explainthatstuff.com/how-chainsaws-work.html> (03.05.2018).
9. Saekettide ja juhtplaatide juhend. – Farron Tehnika.  
[https://www.farron.ee/media/koolitused/Kettide\\_ja\\_plaatide\\_kulumis\\_ja\\_hooldusjuhend.PDF](https://www.farron.ee/media/koolitused/Kettide_ja_plaatide_kulumis_ja_hooldusjuhend.PDF) (08.05.2018).
10. STIHL Chain Braking System. – ANDREAS STIHL AG & Co.  
<https://www.stihlusa.com/products/technology/chain-braking-systems/> (08.05.2018).
11. Chain Saw Kickback Explained: Learn How to Avoid Danger. – Oregon Products.  
<https://www.oregonproducts.com/chain-saw-kickback> (08.05.2018).
12. **Conover, E.** (2013). STIHL MS 441 C-M MAGNUM Chain Saw Review. – Protool Reviews [*e-ajakiri*] <https://www.protoolreviews.com/tools/outdoor-equipment/stihl-ms-441-c-m-magnum-chainsaw/8122/> (10.05.2018).
13. Deep groove ball bearings. – SKF. <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=6204-2RSL> (20.05.18)

14. Kummiamort 40x30xM8. – Tööriistamarket. <http://tooriistamarket.ee/et/kummiamort-40x30xm8-3> (20.05.2018).
15. Chopper stabilized hall-effect latches for ultra sensitive and stable operation. - Allegro. <http://www.rhydolabz.com/documents/datasheets/A3290XUA.pdf> (20.05.2018)
16. Melexis MLX90614 Digital Plug & Play Infrared Thermometer in a TO-can. – Mouser Electronics. <https://eu.mouser.com/new/melexis/melexis-MLX90614-infrared-thermometer> (20.05.2018)

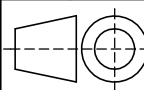



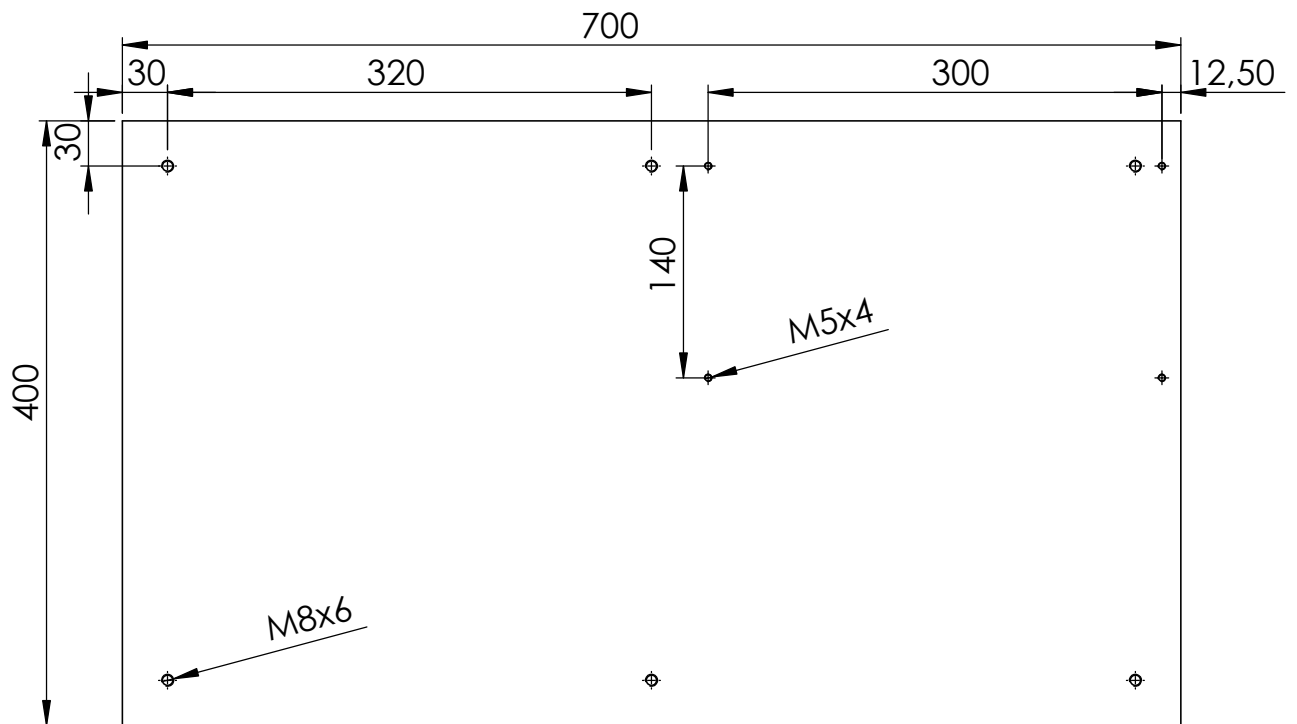
**LISAD**

## Lisa A. Seadme detaili ja koostejoonised

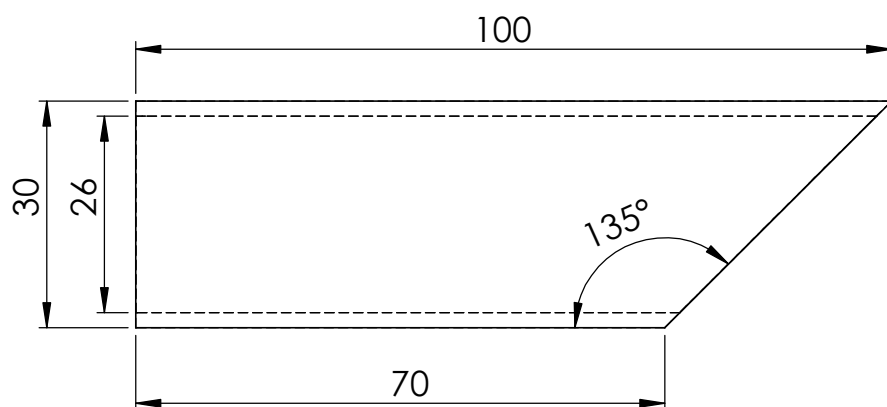


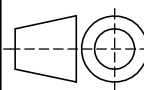

	<b>Materjal</b>	<b>Näitamata pürhülbed</b> ISO 2768-2	<b>Mass</b> 16434	<b>Mõõt</b> 1:5
<b>Teostas</b>	Roosileht A. R.	<b>Nimetus</b>  Koormuspink		
<b>Kontrollis</b>	Madissoo M.			
<b>Kinnitas</b>	Madissoo M.			
		<b>Leht</b> 1/2	<b>Tähis</b> TN-18/130257-A-01-00-K	

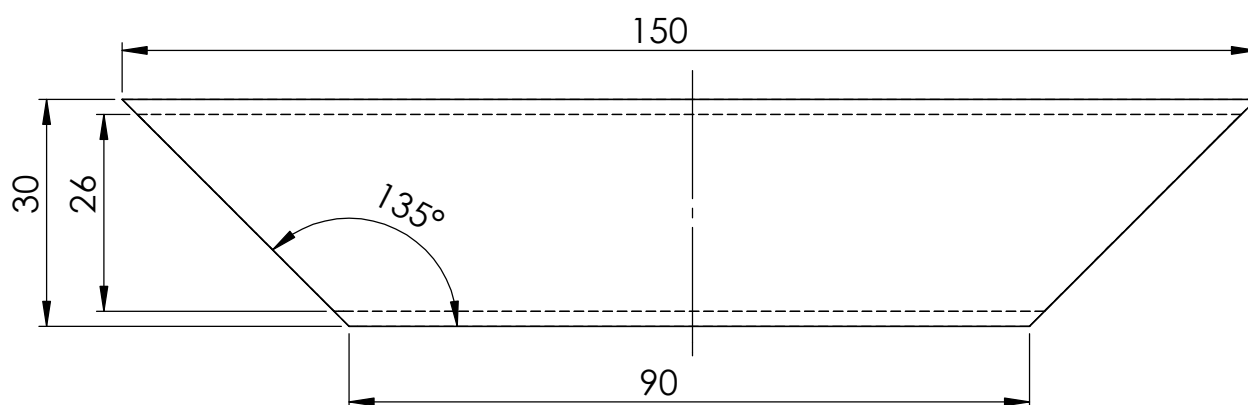
1		Alusplaat	TN-18/130257-A-01-01-D	1	
2		Raami püsttala	TN-18/130257-A-01-02-D	4	
3		Raami pealmine tala	TN-18/130257-A-01-03-D	2	
4		Raami risttala	TN-18/130257-A-01-04-D	2	
5		Võll	TN-18/130257-A-01-05-D	1	
6		Laagripukk	TN-18/130257-A-01-06-D	2	
7		Sidurikorv		1	
8		Piduriketta hoidja	TN-18/130257-A-01-07-D	1	
9		Saeplaadi hoidja püsttala	TN-18/130257-A-01-08-D	2	
10		Saeplaadi hoidja risttala	TN-18/130257-A-01-09-D	1	
11		Piduripumba tugipost	TN-18/130257-A-01-10-D	1	
12		Piduripumba tugitoru	TN-18/130257-A-01-11-D	1	
13		Piduripump		1	
14		Elektrikarp		1	
15		Piduriketas		1	
16		Kummiamort		6	
17		Ringtähik		1	
18		Ringtähiku stopperseib		1	
19		Juhtplaat		1	
20		Polt M6 x 16		6	
21		Polt M8 x 30		2	
22		Polt M5 x 10		4	
23		Mutter M6 Nyloc		6	
24		Mutter M8 Nyloc		4	
25		Seib M8		8	
26		Polt M8x40x22		2	
27		Laager 6204-2RSL		2	
28		Lukustusrõngas DIN 471 - 20		2	
29		Lukustusrõngas DIN 6799 - 9		1	
30		DIN EN ISO 8748-6x30-St		1	
31		Pidurisupport		1	
32		Pidurisuppordi kinnitus	TN-18/130257-A-01-12-D	1	
33		Piduri kaitsekate	TN-18/130257-A-01-13-D	1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
	<i>Materjal</i>		<i>Näitamata püürhülbed ISO 2768-2</i>	<i>Mass</i>	<i>Mõõt</i>
<i>Teostas</i>	<i>Roosileht A. R.</i>	<i>Nimetus</i>  <i>Koormuspink</i>			
<i>Kontrollis</i>	<i>Madissoo M.</i>				
<i>Kinnitas</i>	<i>Madissoo M.</i>				
 <b>Eesti Maaülikool</b> Estonian University of Life Sciences		<i>Leht</i> 2/2	<i>Tähis</i> <i>TN-18/130257-A-01-00-K</i>		

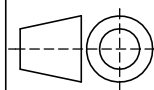



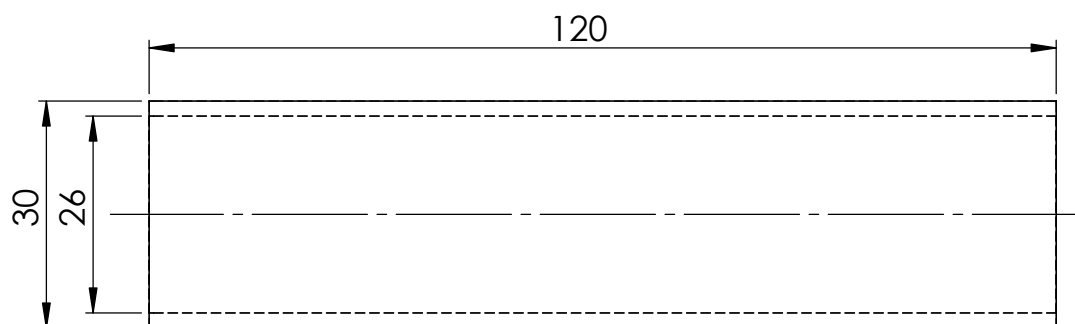
	<b>Materjal</b> AISI 1015 5 mm leht		<b>Näitamata püürhálbed</b> ISO 2768-2	<b>Mass</b> 8805	<b>Mõõt</b> 1:5
<b>Teostas</b>	Roosileht A. R.	<b>Nimetus</b>  Alusplaat			
<b>Kontrollis</b>	Madissoo M.				
<b>Kinnitas</b>	Madissoo M.				
		<b>Leht</b> 1	<b>Tähis</b> TN-17/130257-A-01-01-D		



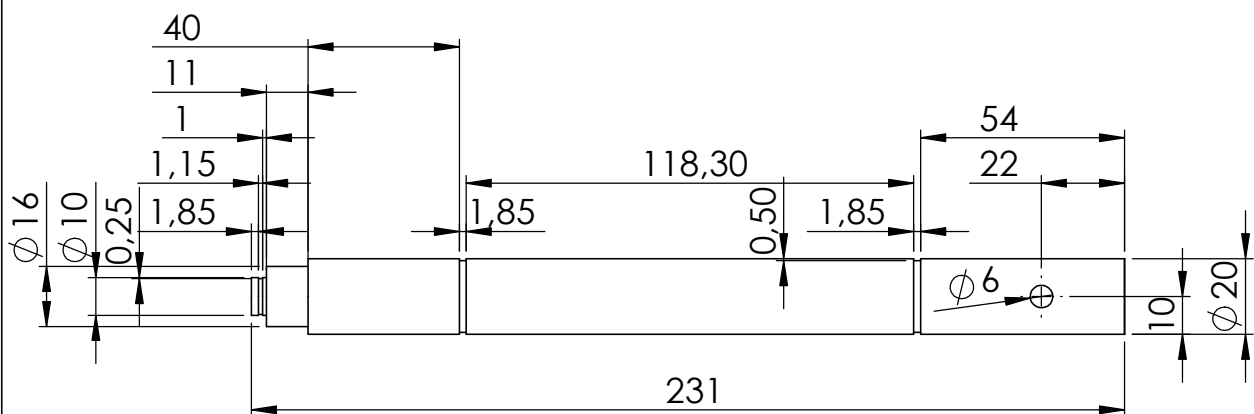
	<b>Materjal</b> AISI 1015 30 x 20 x 2 nelikanttoru		<b>Näitamata pürhälbed</b> ISO 2768-2	<b>Mass</b> 123	<b>Mõõt</b> 1:1
<b>Teostas</b>	Roosileht A. R.	<b>Nimetus</b> Raami püsttala			
<b>Kontrollis</b>	Madissoo M.				
<b>Kinnitas</b>	Madissoo M.				
 <b>Eesti Maaülikool</b> Estonian University of Life Sciences		<b>Leht</b> 1	<b>Tähis</b> TN-17/130257-A-01-02-D		

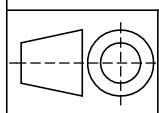



	<b>Materjal</b> AISI 1015 30 x 20 x 2 nelikanttoru		<b>Näitamata pürhälbed</b> ISO 2768-2	<b>Mass</b> 174	<b>Mõõt</b> 1:1
<b>Teostas</b>	Roosileht A. R.	<b>Nimetus</b> Raami pealmine tala			
<b>Kontrollis</b>	Madissoo M.				
<b>Kinnitas</b>	Madissoo M.				
 <b>Eesti Maaülikool</b> Estonian University of Life Sciences		<b>Leht</b> 1	<b>Tähis</b> TN-17/130257-A-01-03-D		

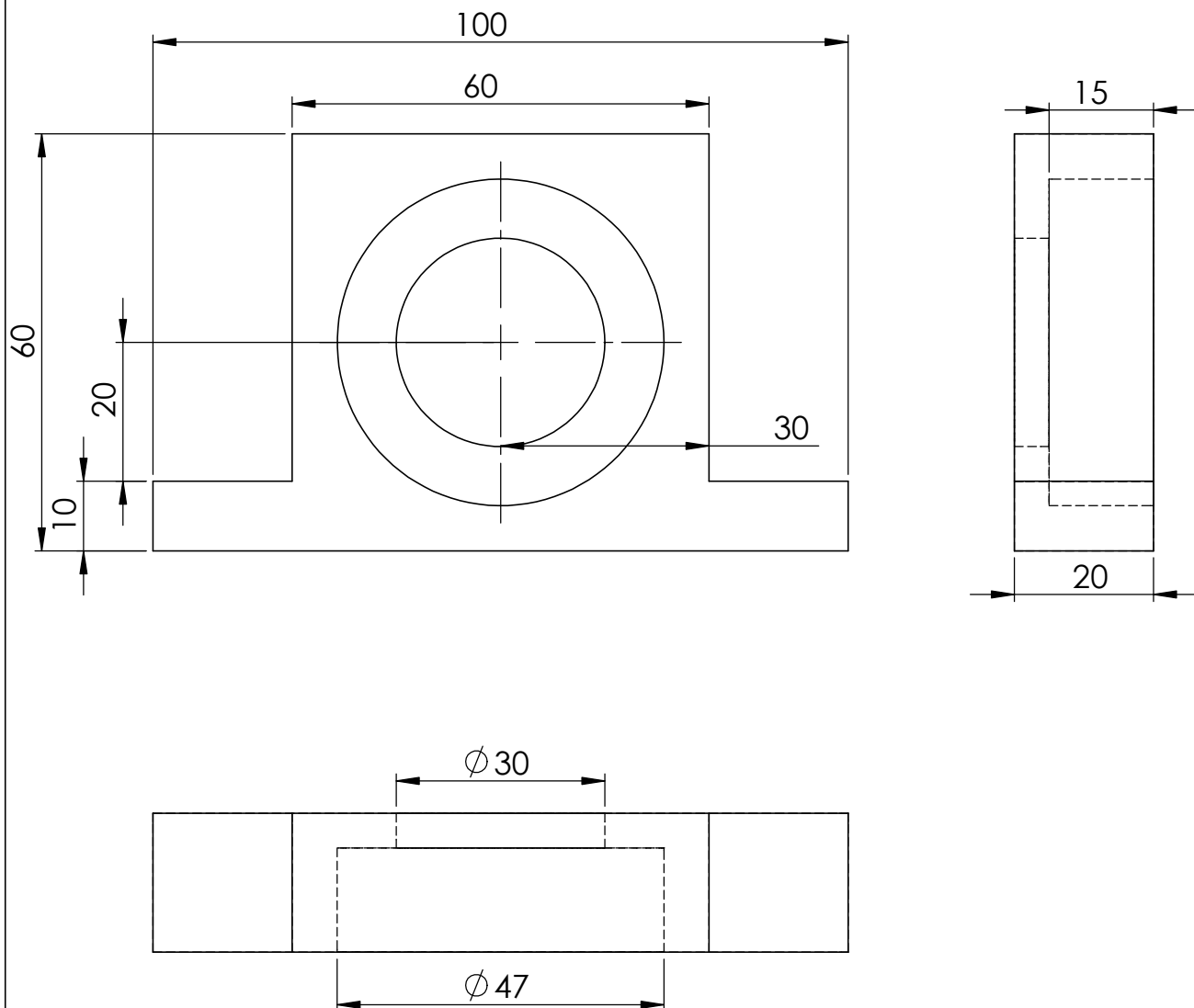


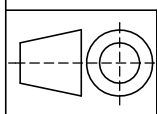

	<b>Materjal</b> <i>AISI 1015 30 x 20 x 2 nelikanttoru</i>	<b>Näitamata pürhälbed</b> <i>ISO 2768-2</i>	<b>Mass</b> <i>174</i>	<b>Mõõt</b> <i>1:1</i>
<b>Teostas</b>	<i>Roosileht A. R.</i>	<b>Nimetus</b>  <i>Raami risttala</i>		
<b>Kontrollis</b>	<i>Madissoo M.</i>			
<b>Kinnitas</b>	<i>Madissoo M.</i>			
		<b>Leht</b> <i>1</i>	<b>Tähis</b> <i>TN-17/130257-A-01-04-D</i>	

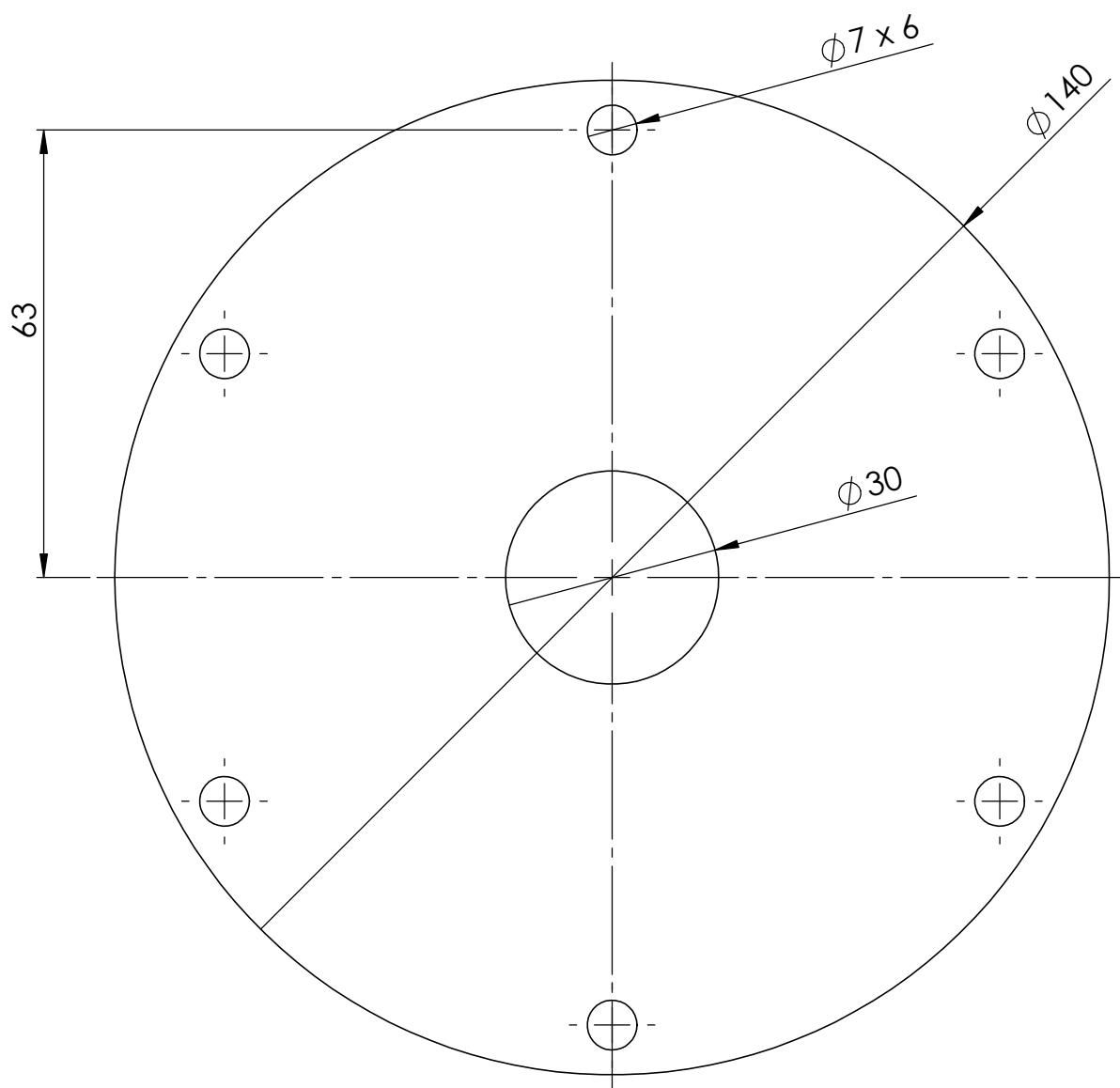


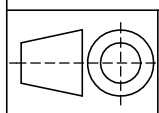

	<b>Materjal</b> <i>AISI 1015</i>	<b>Näitamata püürhálbed</b> <i>ISO 2768-2</i>	<b>Mass</b> 549	<b>Mõõt</b> 1:2
<b>Teostas</b>	<i>Roosileht A. R.</i>	<b>Nimetus</b> Võll		
<b>Kontrollis</b>	<i>Madissoo M.</i>			
<b>Kinnitas</b>	<i>Madissoo M.</i>			
	<b>Leht</b> 1	<b>Tähis</b> TN-17/130257-A-01-05-D		

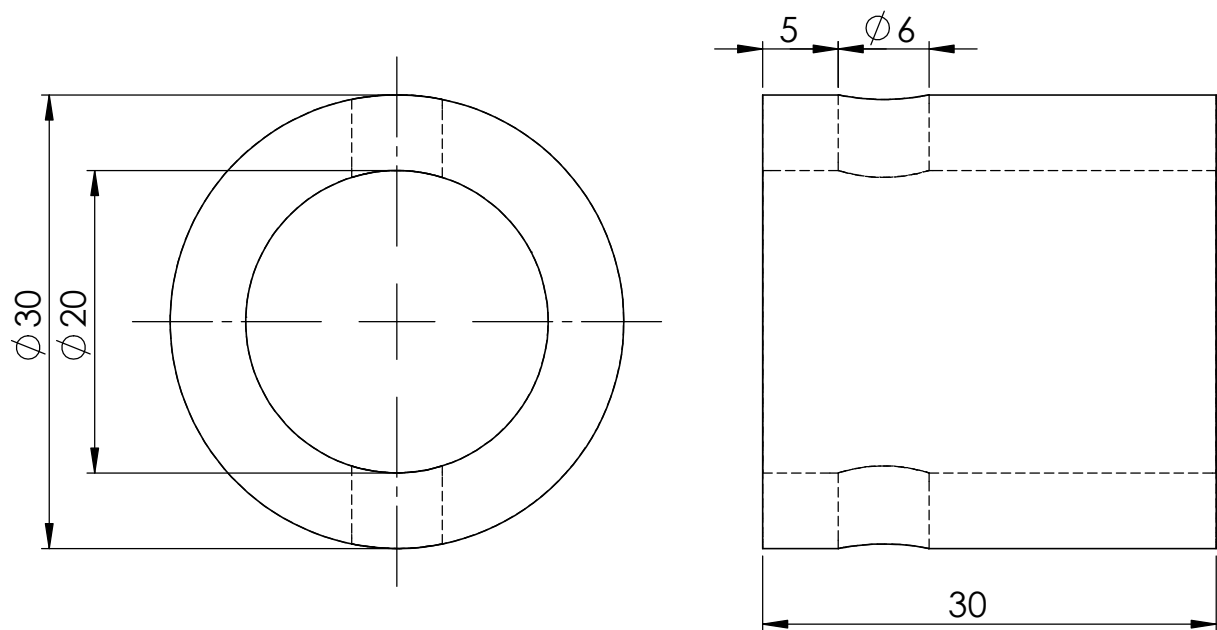


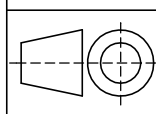



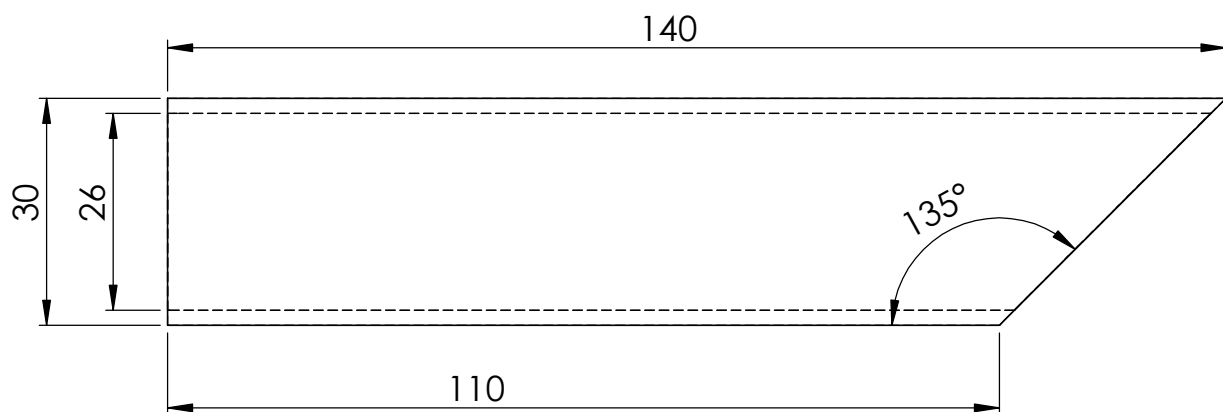
	<b>Materjal</b> <i>AISI 1015</i>	<b>Näitamata pürhálbed</b> <i>ISO 2768-2</i>	<b>Mass</b> 397	<b>Mõõt</b> 1:1
<b>Teostas</b>	<i>Roosileht A. R.</i>	<b>Nimetus</b>  <i>Laagripukk</i>		
<b>Kontrollis</b>	<i>Madissoo M.</i>			
<b>Kinnitas</b>	<i>Madissoo M.</i>			
	<b>Leht</b> 1	<b>Tähis</b> <i>TN-17/130257-A-01-06-D</i>		




	<b>Materjal</b> <i>AISI 1015 5 mm leht</i>		<b>Näitamata püürhülbed</b> <i>ISO 2768-2</i>	<b>Mass</b> 569	<b>Mõõt</b> 1:1
<b>Teostas</b>	<i>Roosileht A. R.</i>	<b>Nimetus</b> <i>Piduriketta hoidik</i>			
<b>Kontrollis</b>	<i>Madissoo M.</i>				
<b>Kinnitas</b>	<i>Madissoo M.</i>				
		<b>Leht</b> 1	<b>Tähis</b> TN-17/130257-A-01-07-D		

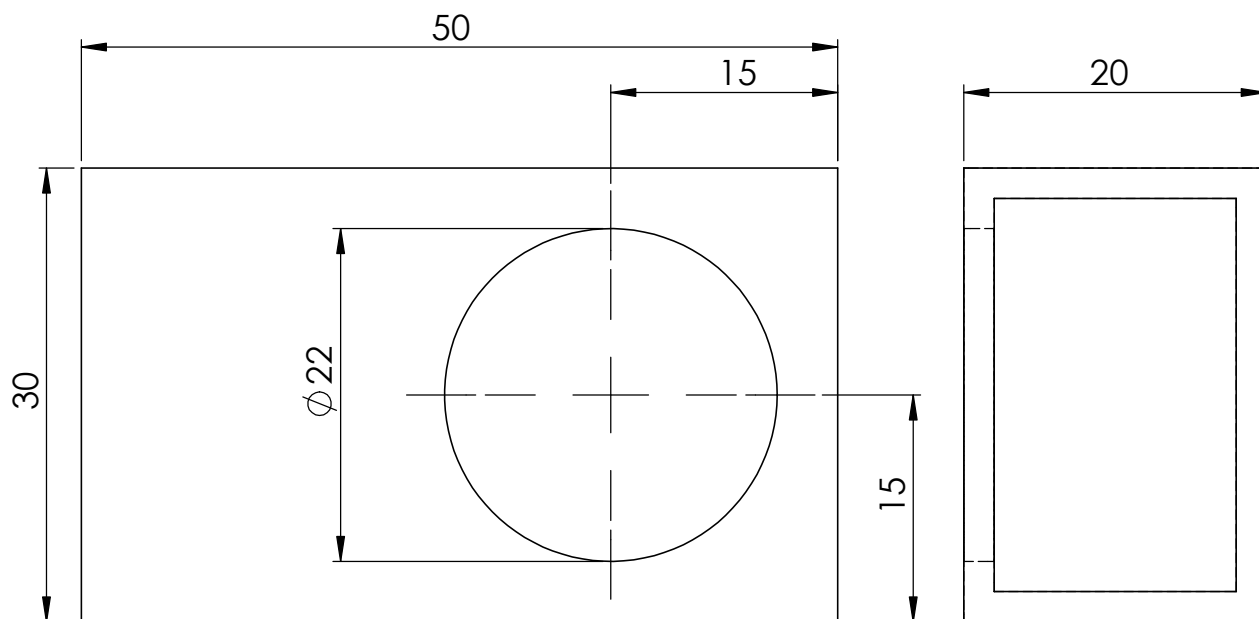


	<b>Materjal</b> <i>AISI 1015</i>		<b>Näitamata püürhálbed</b> <i>ISO 2768-2</i>	<b>Mass</b> <i>90</i>	<b>Mõõt</b> <i>2:1</i>
<b>Teostas</b>	<i>Roosileht A. R.</i>	<b>Nimetus</b> <i>Piduriketta hoidiku puks</i>			
<b>Kontrollis</b>	<i>Madissoo M.</i>				
<b>Kinnitas</b>	<i>Madissoo M.</i>				
		<b>Leht</b> <i>1</i>	<b>Tähis</b> <i>TN-17/130257-A-01-07-D</i>		

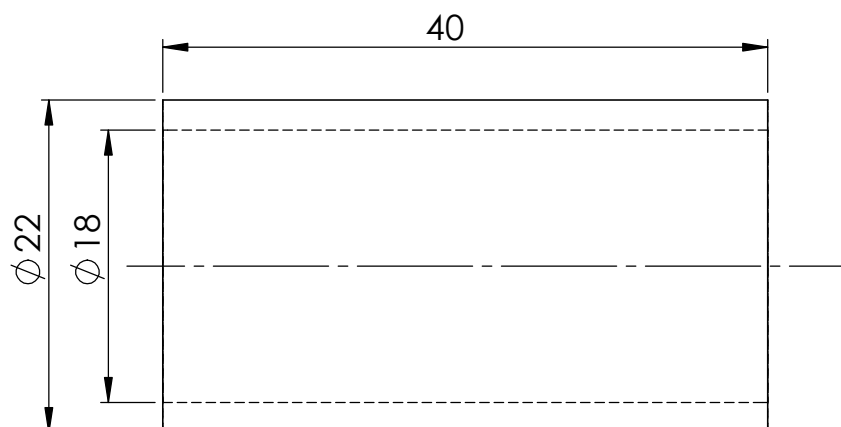


	<b>Materjal</b> <i>AISI 1015 30 x 20 x 2 nelikanttoru</i>		<b>Näitamata piirhálbed</b> <i>ISO 2768-2</i>	<b>Mass</b> 181	<b>Mõõt</b> 1:1
<b>Teostas</b>	<i>Roosileht A. R.</i>	<b>Nimetus</b> <i>Juhtplaadi hoidja püsttala</i>			
<b>Kontrollis</b>	<i>Madissoo M.</i>				
<b>Kinnitas</b>	<i>Madissoo M.</i>				
 <b>Eesti Maaülikool</b> Estonian University of Life Sciences		<b>Leht</b> 1	<b>Tähis</b> <i>TN-17/130257-A-01-08-D</i>		

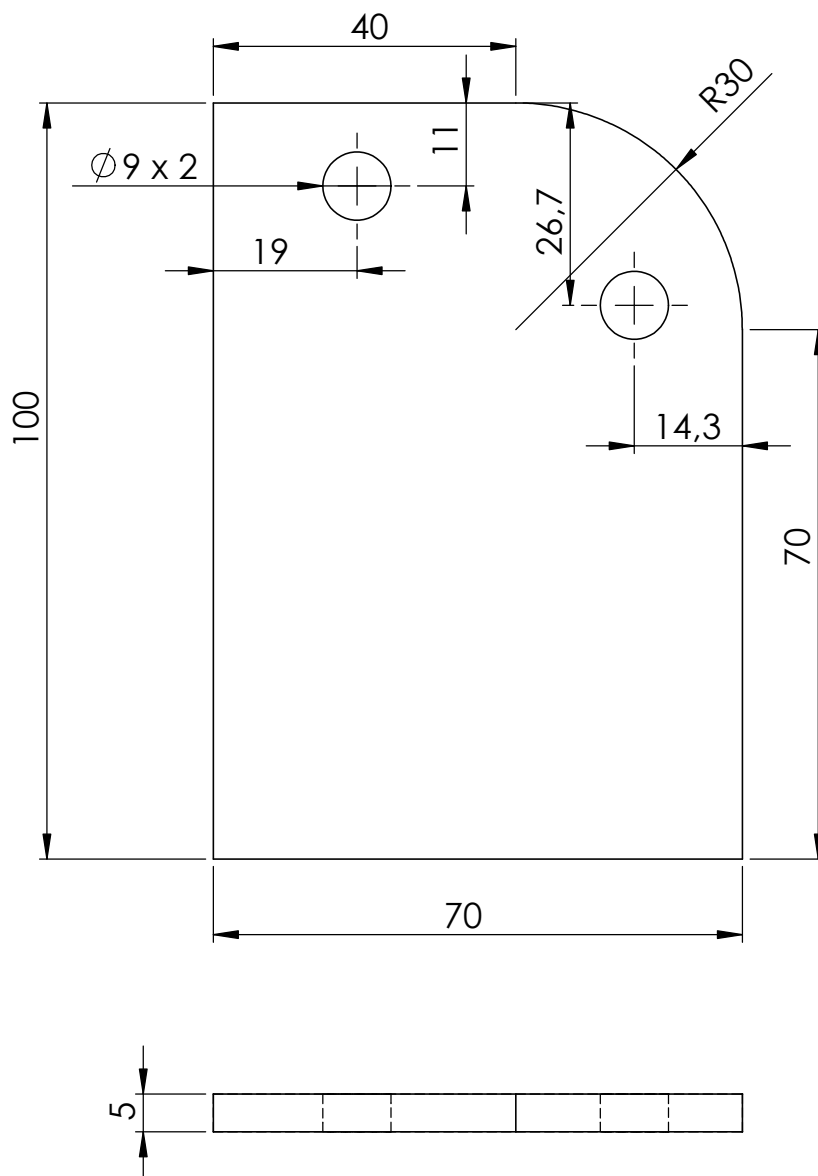




	<b>Materjal</b> <i>AISI 1015 30 x 20 x 2 nelikanttoru</i>	<b>Näitamata püürhálbed</b> <i>ISO 2768-2</i>	<b>Mass</b> 66	<b>Mõõt</b> 2:1
<b>Teostas</b>	<i>Roosileht A. R.</i>	<b>Nimetus</b> <i>Piduripumba tugipost</i>		
<b>Kontrollis</b>	<i>Madissoo M.</i>			
<b>Kinnitas</b>	<i>Madissoo M.</i>			
		<b>Leht</b> 1	<b>Tähis</b> <i>TN-17/130257-A-01-10-D</i>	

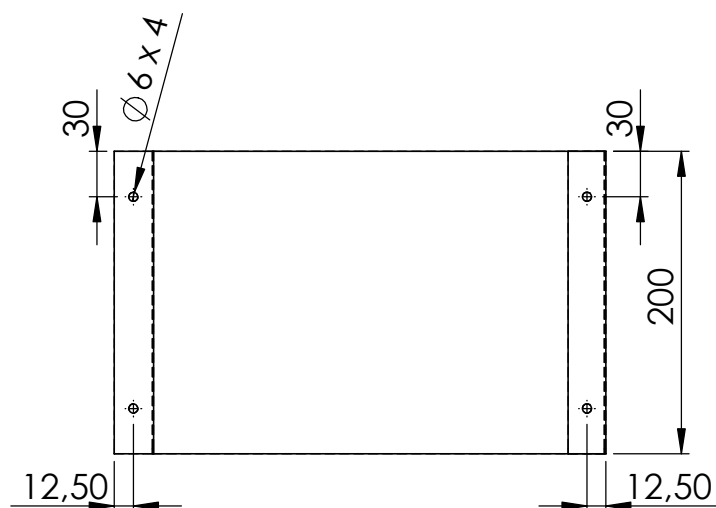
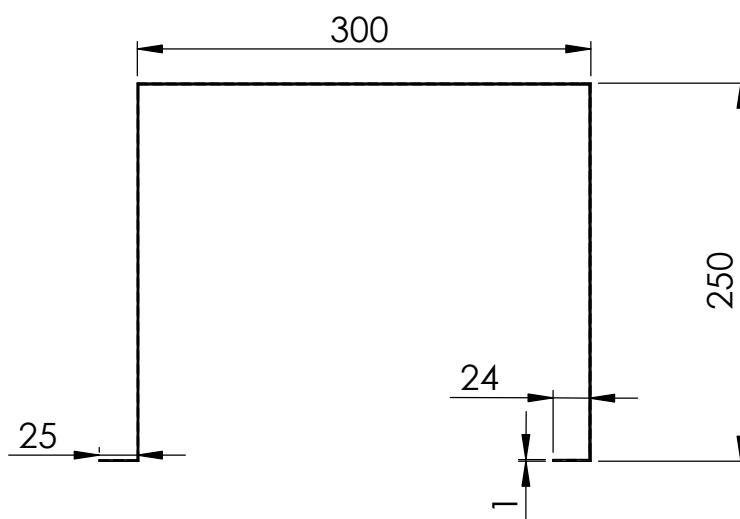


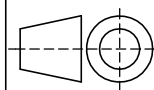

	<b>Materjal</b> <i>AISI 1015</i>	<b>Näitamata pürhälbed</b> <i>ISO 2768-2</i>	<b>Mass</b> <i>40</i>	<b>Mõõt</b> <i>2:1</i>
<b>Teostas</b>	<i>Roosileht A. R.</i>	<b>Nimetus</b> <i>Piduripumba tugitoru</i>		
<b>Kontrollis</b>	<i>Madissoo M.</i>			
<b>Kinnitas</b>	<i>Madissoo M.</i>			
	<b>Leht</b> <i>1</i>	<b>Tähis</b> <i>TN-17/130257-A-01-11-D</i>		



	<b>Materjal</b> AISI 1015 5 mm leht		<b>Näitamata püürhálbed</b> ISO 2768-2	<b>Mass</b> 263	<b>Mõõt</b> 1:1
<b>Teostas</b>	Roosileht A. R.	<b>Nimetus</b> Pidurisuppori kinnitus			
<b>Kontrollis</b>	Madissoo M.				
<b>Kinnitas</b>	Madissoo M.				
<b>Eesti Maaülikool</b> Estonian University of Life Sciences		<b>Leht</b> 1	<b>Tähis</b> TN-17/130257-A-01-12-D		





	<b>Materjal</b> AISI 1015 1 mm leht		<b>Näitamata pürhälbed</b> ISO 2768-2	<b>Mass</b> 1332	<b>Mõõt</b> 1:5
<b>Teostas</b>	Roosileht A. R.	<b>Nimetus</b> Piduri kaitsekate			
<b>Kontrollis</b>	Madissoo M.				
<b>Kinnitas</b>	Madissoo M.				
 <b>Eesti Maaülikool</b> Estonian University of Life Sciences		<b>Leht</b> 1	<b>Tähis</b> TN-17/130257-A-01-13-D		

Mina, \_\_\_\_\_,  
(*autori nimi*)  
sünniaeg \_\_\_\_\_,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_,  
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on \_\_\_\_\_,  
(*juhendaja(te) nimi*)

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(*allkiri*)

Tartu, \_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

---

### **Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)